

PAT-NO: JP02001160576A
DOCUMENT- JP 2001160576 A
IDENTIFIER:
TITLE: FILM THICKNESS AND WORKED DEPTH MEASURING
INSTRUMENT AND METHOD OF FORMING AND WORKING
FILM

PUBN-DATE: June 12, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME COUNTRY

OTSUBO, TORU N/A

USUI, TAKETO N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME COUNTRY

HITACHI LTD N/A

APPL-NO: JP11343385

APPL-DATE: December 2, 1999

INT-CL H01L021/66 , G01B009/02 , G01B011/06 , G01B011/22
(IPC): , G01J005/02 , G01J005/06 , H01L021/3065 ,
H01L021/304 , H01L021/31

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a measuring and monitoring instrument which can measure the thickness and worked depth of a thin film with high accuracy while the film is formed and worked without being affected by the deposition and working operations.

SOLUTION: A light source 15 generates light having a wavelength of 1-3 microns, and projects the light upon a silicon substrate 1 at a plurality of incident angles through an optical system from a lens 16 to a mirror 19 by roughly focusing the light on the backside of the substrate 1. The reflected light from the substrate 1 is made incident to a spectroscope 22 which detects the intensity of measuring light at every wavelength and a calculator 23 calculates the etched depth of the substrate 1. Since the reflected light from the backside of the substrate 1 interferes with that from the etched surface, and changes in a phase which is different from that of the intensity variation of the reflected light from the etched surface following the progress of etching operation, the high-accuracy detection of the etched depth of the substrate 1 is difficult. Therefore, in order to reduce the effect of the reflected light from the backside of the substrate 1, the incident angles of a plurality of measuring light rays are made different from each other. Consequently, the intensity variation of the detected reflected light is mainly caused by the interference between the reflected light from the interface between the surface of the substrate 1 and a resist mask, and that from the surface of the substrate 1 on which the etching is in progress and can be detected with high accuracy.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-160576

(P2001-160576A)

(43) 公開日 平成13年6月12日 (2001.6.12)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 1 L	21/66	H 0 1 L 21/66	P 2 F 0 6 4
G 0 1 B	9/02	G 0 1 B 9/02	2 F 0 6 5
	11/06	11/06	G 2 G 0 6 6
	11/22	11/22	G 4 M 1 0 6
G 0 1 J	5/02	G 0 1 J 5/02	K 5 F 0 0 4

審査請求 未請求 請求項の数11 OL (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-343385

(22) 出願日 平成11年12月2日 (1999.12.2)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 大坪 徹

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72) 発明者 白井 建人

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74) 代理人 100077816

弁理士 春日 譲

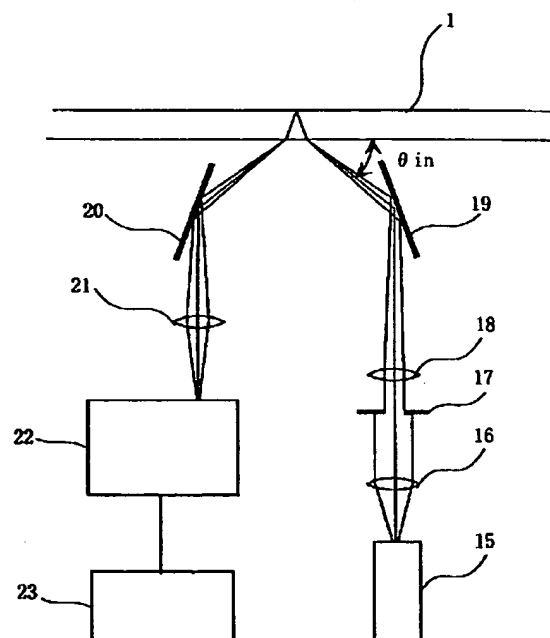
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 膜厚、加工深さ測定装置及び成膜加工方法

(57) 【要約】

【課題】成膜、加工処理中の薄膜の膜厚、加工深さを、成膜、加工処理による影響を受けずに高精度に膜厚等を測定できる測定及びモニタ装置を実現する。

【解決手段】光源15は1〜3ミクロンの波長の光を発生しレンズ16〜ミラー19で複数の入射角でシリコン基板1のほぼ裏面を焦点として照射する。基板1からの反射光はミラー20から分光器22に入射し測定光の波長毎の強度を検出し算出装置23でエッチング深さを算出する。基板1裏面の反射光はエッチング面の反射光と干渉しエッチングの進行に伴う反射光の強度変化と異なる位相で変化し高精度なエッチング深さの検出が難しい。そこで、基板1の裏面反射光の影響の低減のため複数測定光の入射角をそれぞれ異なる角度にする。検出した反射光の強度変化は基板1表面とレジストマスクの界面の反射光とエッチングが進行する基板1の表面の反射光との干渉が主になり高精度に検出できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板表面に形成された膜の膜厚又は基板表面に加工された加工面の深さを光学的干渉手段により測定する膜厚、加工深さ測定装置において、基板表面に形成された膜又は加工面の界面で全反射する条件で測定光を、基板裏面より照射する手段と、基板表面からの反射光と、上記膜の表面又は上記加工面からの反射光とを干渉させて膜厚又は加工深さを測定する手段と、

を備えることを特徴とする膜厚、加工深さ測定装置。

【請求項2】請求項1の記載の膜厚、加工深さ測定装置において、上記測定光は、複数の波長を有し、波長ごとの干渉結果から、膜厚又は加工深さを測定する手段を備えることを特徴とする膜厚、加工深さ測定装置。

【請求項3】基板表面に形成された膜の膜厚又は基板表面に加工された加工面の深さを光学的干渉手段により測定する膜厚、加工深さ測定装置において、基板表面に形成された膜又は加工面の界面で全反射する条件で測定光を基板裏面から照射する手段と、照射する上記測定光が基板の裏面に入射する入射角に、入射角の差による基板中を通過する光路の差が入射光の波長以上有り、測定対象である膜の膜厚又は加工深さによる光路差が入射光の波長以下になる範囲で入射角が異なる測定光を照射する手段と、

基板表面からの反射光と、上記膜の表面又は上記加工面からの反射光とを干渉させて膜厚又は加工深さを測定する手段と、

を備えることを特徴とする膜厚、加工深さ測定装置。

【請求項4】請求項3記載の膜厚、加工深さ測定装置において、上記測定光は、複数の波長を有し、波長ごとの干渉結果から、膜厚又は加工深さを測定する手段を備えることを特徴とする膜厚、加工深さ測定装置。

【請求項5】基板表面に形成された膜の膜厚を光学的干渉手段により測定する膜厚測定装置において、基板表面に形成された膜の表面で全反射する条件の測定光と、膜と基板との界面で全反射する条件の測定光とを共に基板裏面から照射する手段と、膜の表面からの反射光と、膜と基板との界面からの反射光とを干渉させて、膜厚又は加工深さを測定する手段と、

備えることを特徴とする膜厚測定装置。

【請求項6】請求項5記載の膜厚測定装置において、上記測定光は、複数の波長を有し、波長ごとの干渉結果から、膜厚又は加工深さを測定する手段を備えることを特徴とする膜厚測定装置。

【請求項7】基板上に薄膜を形成する成膜装置において、基板表面に形成された膜の界面で全反射する条件で測定光を、基板裏面より照射する手段と、基板表面からの反射光と、上記膜の表面からの反射光と

を干渉させて膜厚深さを測定する手段と、上記膜厚深さを測定する手段により測定される膜厚に基づいて、上記基板上に薄膜を形成する手段と、を備えることを特徴とする薄膜形成装置。

【請求項8】基板表面の加工装置において、基板表面の加工面の界面で全反射する条件で測定光を、基板裏面より照射する手段と、基板表面からの反射光と、上記加工面からの反射光とを干渉させて加工深さを測定する手段と、

上記加工深さを測定する手段により測定される加工深さに基づいて、上記基板表面を加工する手段と、を備えることを特徴とする基板表面の加工装置。

【請求項9】基板表面に薄膜を形成する薄膜形成方法において、基板表面に形成された膜の界面で全反射する条件で測定光を、基板裏面より照射し、基板表面からの反射光と、上記膜の表面からの反射光とを干渉させて膜厚深さを測定し、上記膜厚深さの測定結果から処理の状況と、設定された膜厚の目標値との差を算出し、その結果に基づいて、薄膜形成処理条件を制御することを特徴とする薄膜形成方法。

【請求項10】基板表面に加工する基板表面加工方法において、基板表面の加工面の界面で全反射する条件で測定光を、基板裏面より照射し、基板表面からの反射光と、上記加工面からの反射光とを干渉させて加工深さを測定し、上記加工深さの測定結果から処理の状況と、設定された加工深さの目標値との差を算出し、その結果に基づいて、表面加工処理条件を制御することを特徴とする基板表面加工方法。

【請求項11】放射赤外線強度測定手段を有し、処理基板からの放射赤外線強度を測定して処理基板の温度を測定する温度測定装置において、放射赤外線強度測定手段の処理基板からの放射赤外線を測定する範囲が、測定する処理基板以外の放射赤外線発生領域からの放射赤外線が通過しない光路領域に設定することを特徴とする温度測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子製造、液晶表示素子製造等の微細薄膜パターンを組み合わせた素子の製造において、薄膜を形成する成膜処理、形成した薄膜の平坦化処理、薄膜に微細パターンを形成するエッチング処理、などの成膜、加工処理状況を測定し、モニタする装置、測定及びモニタ装置を組み込んだ膜厚、加工深さ測定装置、これら装置による測定及びモニタ方法および成膜、加工方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子製造、液晶表示素子製造に用いられる成膜処理、平坦化処理、微細パターン形成処理では、膜厚の変化、微細パターンの処理進行状況を正確に求め、設定通りの処理を実現することが重要である。これらの処理における膜厚、微細パターンの処理進行状況の測定には光を用いた干渉方法が広く用いられている。

【0003】これらの従来技術としては、干渉により微細パターン形成の終了を検出するエッチング終点検出装置が特開平8-292012号公報に示されている。

【0004】また、基板上に形成された膜厚を干渉により測定する方法が特開平11-153416号公報に示されている。また、基板表面の平坦化処理における膜厚測定方法が特開平7-4921号公報に示されている。つまり、この特開平7-4921号公報に記載の技術は、半導体ウエハのポリシング中に膜厚を測定可能な膜厚測定に関して記載されており、膜厚測定中に、基板を透過する波長の測定光を基板に照射し、この測定光が基板を透過してから反射する反射光に基づいて薄膜の厚さを測定するものである。

【0005】また、処理基板の温度測定については、特開平10-111186号公報にフィルタを用いた放射赤外線による温度測定の高精度化が示めされている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術である特開平8-292012号公報に示されたエッチング終点検出装置では、処理室内を通して処理基板の表面状況を測定するために、処理室内の状況、観測する測定窓の内壁面の状況が処理を重なるに従い変化し、その変化が測定結果に影響するため高精度な測定及びモニタリングが難しいという問題があった。

【0007】また、特開平11-153416号公報や特開平7-4921号公報に示されているような、処理基板の裏面から表面の処理状況を測定する従来技術では、基板裏面からの反射光の影響が大きく、基板表面の状況を測定する基板表面からの反射光を精度良く検出することが難しいという問題があった。

【0008】本発明の目的は、処理の進行状況を処理室内の状況による影響を受けずに膜厚、加工深さを測定するとともに、基板表面の状況を測定する基板表面からの反射光を選択的に検出し、基板表面の高精度な測定を可能にする膜厚又は加工深さ測定及びモニタ装置を実現することである。

【0009】また、本発明の他の目的は、基板表面の高精度な測定及びモニタ装置を組み込んだ成膜、加工測定装置を実現すること、これらのモニタ装置を用いた高精度な成膜加工方法を実現することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は次のように構成される。

(1) 基板表面に形成された膜の膜厚又は基板表面に加工された加工面の深さを光学的干渉手段により測定する膜厚、加工深さ測定装置において、基板表面に形成された膜又は加工面の界面で全反射する条件で測定光を、基板裏面より照射する手段と、基板表面からの反射光と、上記膜の表面又は上記加工面からの反射光とを干渉させて膜厚又は加工深さを測定する手段と、を備える。

【0011】(2) 好ましくは、上記膜厚、加工深さ測定装置において、上記測定光は、複数の波長を有し、波長ごとの干渉結果から、膜厚又は加工深さを測定する手段を備える。

【0012】(3) 基板表面に形成された膜の膜厚又は基板表面に加工された加工面の深さを光学的干渉手段により測定する膜厚、加工深さ測定装置において、基板表面に形成された膜又は加工面の界面で全反射する条件で測定光を基板裏面から照射する手段と、照射する上記測定光が基板の裏面に入射する入射角に、入射角の差による基板中を通過する光路の差が入射光の波長以上有り、測定対象である膜の膜厚又は加工深さによる光路差が入射光の波長以下になる範囲で入射角が異なる測定光を照射する手段と、基板表面からの反射光と、上記膜の表面又は上記加工面からの反射光とを干渉させて膜厚又は加工深さを測定する手段と、を備える。

【0013】(4) 好ましくは、上記(3)において、上記測定光は、複数の波長を有し、波長ごとの干渉結果から、膜厚又は加工深さを測定する手段を備える。

【0014】(5) 基板表面に形成された膜の膜厚を光学的干渉手段により測定する膜厚測定装置において、基板表面に形成された膜の表面で全反射する条件の測定光と、膜と基板との界面で全反射する条件の測定光とを共に基板裏面から照射する手段と、膜の表面からの反射光と、膜と基板との界面からの反射光とを干渉させて、膜厚又は加工深さを測定する手段と、を備える。

【0015】(6) 好ましくは、上記(5)において、上記測定光は、複数の波長を有し、波長ごとの干渉結果から、膜厚又は加工深さを測定する手段を備える。

【0016】(7) 基板上に薄膜を形成する成膜装置において、基板表面に形成された膜の界面で全反射する条件で測定光を、基板裏面より照射する手段と、基板表面からの反射光と、上記膜の表面からの反射光とを干渉させて膜厚深さを測定する手段と、上記膜厚深さを測定する手段により測定される膜厚に基づいて、上記基板上に薄膜を形成する手段と、を備える。

【0017】(8) 基板表面の加工装置において、基板表面の加工面の界面で全反射する条件で測定光を、基板裏面より照射する手段と、基板表面からの反射光と、上記加工面からの反射光とを干渉させて加工深さを測定する手段と、上記加工深さを測定する手段により測定される加工深さに基づいて、上記基板表面を加工する手段と、を備える。

【0018】(9) 基板表面に薄膜を形成する薄膜形成方法において、基板表面に形成された膜の界面で全反射する条件で測定光を、基板裏面より照射し、基板表面からの反射光と、上記膜の表面からの反射光とを干渉させて膜厚深さを測定し、上記膜厚深さの測定結果から処理の状況と、設定された膜厚の目標値との差を算出し、その結果に基づいて、薄膜形成処理条件を制御する。

【0019】(10) 基板表面に加工する基板表面加工方法において、基板表面の加工面の界面で全反射する条件で測定光を、基板裏面より照射し、基板表面からの反射光と、上記加工面からの反射光とを干渉させて加工深さを測定し、上記加工深さの測定結果から処理の状況と、設定された加工深さの目標値との差を算出し、その結果に基づいて、表面加工処理条件を制御する。

【0020】(11) 放射赤外線強度測定手段を有し、処理基板からの放射赤外線強度を測定して処理基板の温度を測定する温度測定装置において、放射赤外線強度測定手段の処理基板からの放射赤外線を測定する範囲が、測定する処理基板以外の放射赤外線発生領域からの放射赤外線が通過しない光路領域に設定する。

【0021】本発明によれば、処理室内の状況、観測する測定窓の内壁面の状況が変化し、測定結果に影響する問題に対しては、基板を載置するステージに基板の処理状況の測定機構を組み込み、基板の裏面から測定するようにした。これにより、処理を重ねることで付着量が増加する反応生成物等を、測定領域から排除することが可能となり、再現性の良い測定及びモニタリングができるようになった。

【0022】また、基板の裏面からの測定に対しては、裏面に照射する測定光が基板表面で全反射する入射角条件で測定をするようにした。これにより、基板表面からの反射光強度を高め、高精度な測定及びモニタリングができるようにした。さらに、基板裏面に照射する測定光の入射角度に広がりを与え、基板裏面からの反射光と基板表面からの反射光の干渉を低減した。これにより、基板表面からの反射光干渉強度変化を精度良く測定及びモニタリングできるようにした。

【0023】膜厚の測定においては入射角の広がりを制御して、膜の表面からの反射光と、膜と基板の界面からの反射光の割合を制御して反射光干渉強度を適正化し、精度良く測定及びモニタリングできるようにした。

【0024】処理基板の温度測定においてはプラズマや処理室内壁面からの放射赤外線が光学的に通過しない領域に処理基板からの放射赤外線検出機構を設けることにより、精度良く測定及びモニタリングできるようにした。

【0025】また、測定及びモニタ装置を組み込んだ成膜、加工、エッチング装置については、基板を載置するステージに基板裏面から測定する測定及びモニタ装置を埋め込んだ構成とした。また、これらの装置をステー

ジに複数埋め込み、基板の処理分布、処理状況を測定及びモニタできるようにした。さらに、これらの結果に基づき、処理条件を制御して最適な処理ができるようにした。

【0026】

【発明の実施の形態】図1、図2は、本発明の基本原理を説明する図であり、図3は、本発明の第1の実施形態の概略構成図である。

【0027】図1において、シリコン基板1の表面には、レジストマスク2がある部分があり、このレジストマスク2が無いシリコン基板表面3ではエッチング処理が進行している。

【0028】測定光4は、シリコン基板1とレジストマスク2との界面で全反射する条件で照射する。測定光5は測定光4と同じ入射角で照射し、シリコン基板表面3で全反射するように入射させる。

【0029】また、シリコン基板表面3の界面はシリコン基板1と真空との界面であり、シリコン基板1とレジストマスク2との界面に比べ屈折率が大きくなる。従って、シリコン基板1側から照射した測定光は、シリコン基板1とレジストマスク2との界面で全反射する条件であれば、シリコン基板表面3で必ず全反射する。

【0030】ここで、エッチング処理が進行しているシリコン基板表面3の深さ(レジスト膜2と基板1との界面から表面3までの基板1の厚み)を「 d 」とし、シリコン基板1の屈折率を「 n 」とし、シリコン基板1とレジスト膜2(真空)との界面に垂直な線と測定光4

(5)とのなす角度を「 α 」とすると、測定光4の光路と測定光5の光路との光学的長さの差は、「 $2dn/\cos\alpha$ 」になる。

【0031】図2は、エッチングが進行したときの処理時間と、反射した測定光4、5の干渉による反射光強度の変化を示す図である。測定光4、5の波長を「 λ 」とすると、測定光4の光路と測定光5の光路との光学的長さの差が「 λ 」の整数倍の条件では、検出する反射光の強度は、図2のピーク10、ピーク11に示す極大値となる。

【0032】また、測定光4の光路と測定光5の光路との光学的長さの差が「 λ 」の整数倍より「 $\lambda/2$ 」大きい小さい場合、検出する反射光の強度は、図2のピーク12に示す極小値となる。

【0033】従って、隣り合う極小値と極大値の間でエッチングの進行した深さ d は「 $\lambda\cos\alpha/n$ 」となり、エッチングを開始した点13からの反射光強度変化のピークを識別することでエッチングされた深さ d を求めることができる。

【0034】測定光に波長1.4ミクロンの赤外光を用いた場合、極大、極小ピーク間のエッチング量は370nm程であり、検出の再現性が良ければ、反射光強度の初期値からの変化量により、ピーク間をさらに分割して

識別し、100nm以下の精度でエッチング深さdを求めることができる。

【0035】シリコン基板1の裏面に照射した測定光の反射光には、先に説明したシリコン基板表面3からの反射光だけでなく、シリコン基板1の裏面からの反射光もあり、これも検出する反射光の強度変化に影響する。

【0036】シリコン基板1の場合、シリコン基板1の裏面からの反射光量は、照射した測定光の光量の30%にも達し、これがエッチング面からの反射光と干渉して、先に説明したエッチングの進行に伴う反射光の強度変化と位相がずれて変化するため、高精度なエッチング深さdの検出が難しくなる。

【0037】そこで、本発明では、このシリコン基板1の裏面からの反射光の影響を低減するため、測定光に、図1に示す測定光6、測定光7の入射角を、それぞれ異なる角度 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ として、ばらつきを持たせるようにした。

【0038】測定光6、測定光7の各入射角での全反射する反射角を「 $\theta 1R$ 、 $\theta 2R$ 」とし、シリコン基板1の厚さを「 $d0$ 」とすると、測定光6と測定光7との光学的長さの差は「 $2d0(1/\cos\theta 1R - 1/\cos\theta 2R)$ 」で表わされる。

【0039】シリコン基板1の厚さは、通常500ミクロン以上あり、エッチング深さ1ミクロンでのエッチング深さ測定への影響が0.01ミクロン以内になる入射角ばらつきの条件で光学的長さの差は約5ミクロンである。

【0040】これは、先に一例で示した波長1.4ミクロンの赤外光を測定光として用いた場合、波長の約3倍になる。この事はシリコン基板1の裏面での反射光6a、7aに対し、エッチング面（レジストマスク2とシリコン基板1との境界面）からの反射光6b、7bは、位相が 6π の範囲でランダムにずれていることを意味し、これらの反射光6b、7bの干渉による強度変化を大幅に低減できる。

【0041】これにより、検出される反射光の強度変化は、シリコン基板1の表面とレジストマスク2との界面からの反射光と、エッチングが進行するシリコン基板1の表面3からの反射光との干渉が主になり、高精度な検出が可能になる。

【0042】次に、図3を用いて、以上説明した本発明の原理に基づき構成した測定及びモニタ装置について説明する。図3において、光源15は、1ミクロンから3ミクロンの波長の赤外光を発生する光源である。光源15からの光（測定光）は、レンズ16により、ほぼ平行なビームとなった後に、絞り17及びレンズ18を通過し、ミラー19で反射されてシリコン基板1の裏面近くに焦点を結ぶように照射される。

【0043】シリコン基板1に照射された測定光のシリコン基板1からの反射光は、図1で説明した原理により

反射される。そして、シリコン基板1からの反射光は、ミラー20により反射され、レンズ21により分光器22に入射し、この分光器22は入射した測定光の波長毎の反射光強度を検出する。分光器22の検出結果は、エッチング深さ算出装置23に送られ、エッチング深さを算出してエッチングの終点等を求める。

【0044】次に、図3に示した各部分の動作について説明する。シリコン基板1に照射する測定光の入射角 θin は、ミラー19の角度を調整し、シリコン基板1の表面とレジストマスクとの界面で、入射光の広がり角を含めて、全反射する条件に合わせる。入射角を中心にした入射光の広がり角調整は、絞り17により照射光のビーム径を変えて調整する。

【0045】シリコン基板1からの反射光はミラー20でレンズ21を通るように反射され、分光器22に集められる。分光器22では図4に示すように波長ごとの反射光強度変化が測定される。

【0046】図1による原理説明では単一波長による干渉を説明したが、複数の波長の光を用いた場合、各波長の光に対して同じ干渉現象が起きている。光に関しては重ね合わせの原理が成り立つため、分光器で波長毎に分けることにより、各波長の干渉状況を測定する事ができる。

【0047】エッチング深さ算出装置23では、まず、図4に示す分光器の測定結果から反射光強度のピーク位置と波長の関係を求める。つまり、図4を参照して説明すると、1つのピークの波長を $\lambda 1$ 、その隣の波長が長い側のピークの波長を $\lambda 2$ とすると、この各ピークでは干渉する光路の差は同じであるため、「 i 」を整数とすると「 $i * \lambda 1 = (i - 1) * \lambda 2$ 」なる関係が成り立つ。

【0048】これより、「 i は、 $\lambda 2 / (\lambda 2 - \lambda 1)$ に最も近い整数」で表わすことができる。そして、測定光がシリコン基板1の表面で全反射する角度を図1と同じ「 α 」とすると、エッチング深さ「 d 」は「 $d = i * \lambda 1 * \cos \alpha / 2$ 」で求めることができる。したがって、エッチング深さ算出装置23では、この式「 $d = i * \lambda 1 * \cos \alpha / 2$ 」に基づき、エッチング深さdを算出する。

【0049】本発明の第1の実施形態のように、複数の波長の光を用いる場合、エッチングが進行せず、停止している状態でもエッチング深さdの絶対値を求めることができる。従って、設定されたエッチング深さdをが単一波長を用いた方式より高精度に測定できる。

【0050】つまり、本発明の第1の実施形態によれば、処理の進行状況を処理室内の状況による影響を受けずに膜厚、加工深さを測定するとともに、基板表面の状況を測定する基板表面からの反射光を選択的に検出し、基板表面の高精度な測定を可能にする膜厚又は加工深さの測定及びモニタ装置を実現することができる。

【0051】次に、本発明の第2の実施形態の構成を、図5を参照して、以下に説明する。図5において、円筒状のホルダ25にはレンズ26、遮光板27a、遮光板27b、絞り28、反射ブロック29、投光受光部30が組み込まれている。また、反射ブロック29は、光学用ガラスで作られており、面29aには反射膜がコーティングされており、反射ブロック29の内部から、この面29aに入射した光は反射される構成となっている。

【0052】レンズ26、遮光板27a、27b、絞り28、反射ブロック29、投光受光部30は、ホルダ25と同軸に構成されている。投光受光部30は、光源31、分光器33と、ライトガイド32、33で接続されており、光源31からの測定光を、投光受光部30から円筒状ホルダ25内に照射できるとともに、円筒状ホルダ25から投光受光部30に戻ってきた反射光を、分光器33に送る構造になっている。

【0053】光源31は、図3に示した実施形態と同じく1ミクロンから3ミクロンの波長の赤外光を放射する特性の光源を用いている。

【0054】投光受光部30から照射された測定光は、レンズ26により平行ビームより僅かに集光する角度に調整される。次に、遮光板27a、27b及び絞り28により、リング状で光の幅が次第に薄くなる光路35に示すリング状のビーム光を作る。このリング状のビーム光35は反射ブロック29に入り、反射面29aで反射されてシリコン基板1に入射する。

【0055】このシリコン基板1への入射角度の設定は、反射面29aの角度で設定できる。本発明の第2の実施形態では、測定対象の基板をシリコン基板1に限定し、シリコン基板1への測定光の入射角は固定としている。この測定光の入射角の広がり、リング状ビームを作るレンズ26の位置、遮光板27a、27b及び絞り28の寸法により、リング状の光の幅の変化割合を調整することにより、調整することができる。

【0056】このように、入射角と、入射角の広がりとを調整した測定光を、シリコン基板1に照射する。反射光は、照射光とは逆の経路を通り、投光受光部30に入射し、分光器33に送られる。これ以後のエッチング深さdの算出方法は、第1の実施形態と同様である。

【0057】なお、測定系と処理室内の真空シールは、反射ブロック29とホルダ25との間に設けたOリング36およびホルダ25の外周に設けた図示しないOリングにより行っている。

【0058】次に、第2の実施形態を用いたエッチング装置、およびエッチング処理方法について図6を参照して説明する。図6において、処理室40には、ステージ電極41、対向電極42が設けられており、ステージ電極41上にシリコン基板1を配置してエッチング処理が行われる。

【0059】ステージ電極41は、絶縁板44により処

理室40の底面や側壁と絶縁され、800kHzの高周波バイアス電源45が接続されている。ステージ電極41の内には冷却用の冷媒を流す流路46が形成されており、サーキュレータ47により温度制御した冷媒を流す構成となっている。

【0060】また、ステージ電極41内には第2の実施形態で説明した図5に示す構成のモニタ装置48a、48b、48cの他、図示しない2個を含め、外周4ヶ所、中心1ヶ所の計5個のモニタ装置が組み込まれている。組み込んだモニタ装置は第2の実施形態で説明したように、Oリングでシールし、冷媒の流路46や処理室外からのリークが無いようにしている。

【0061】ステージ電極41の表面には図示しない静電吸着機構が設けてあり、シリコン基板1を吸着し、シリコン基板1とステージ電極41との間にヘリウムガスを入れ、シリコン基板1を精度良く温度制御するようになっている。

【0062】対向電極42は、絶縁板49により、処理室40の上面や側壁と絶縁されており、対向電極42の中心部分42aは、この対向電極42の外周部分と絶縁板49aで相互に絶縁されている。そして、対向電極42の外周部分には68MHzの高周波電源50bが接続されており、中心部分42aには40MHzの高周波電源50aが接続されている。

【0063】また、対向電極42には、図示しないエッチングガスの供給部があり、設定量のエッチングガスを流しながら、排気口43より排気して処理室40内を設定圧力に保つようになっている。

【0064】処理室40内に設定流量のエッチングガスを流し、設定圧力にし、シリコン基板1の温度を設定温度にして高周波電源50a、50bより設定された高周波電力を供給して、ステージ電極41と対向電極42との間にプラズマを発生させ、高周波バイアス電源45より設定された高周波バイアス電力を供給してエッチングを開始させる。

【0065】モニタ装置48a、48b、48c、他の2個のモニタ装置でシリコン基板1の5点のエッチング深さdを測定し、エッチングの分布とエッチング深さdの時間変化からエッチング速度を算出する。そして、エッチングの分布、エッチング速度が設定よりずれた場合には、高周波電源50a、50bの電力比、電力レベルを制御して、エッチングの分布、エッチング速度が設定範囲に入るように制御する。

【0066】以上のように、処理基板1を配置するステージ電極41に複数の測定及びモニタ装置を組み込むことでエッチングの分布、エッチング速度をモニタでき、その結果に基づき、目的の設定範囲で処理が完了するように制御できるとともに、エッチングの完了点を高精度に検出し、再現性の良いエッチング処理を行うことができる。

【0067】本発明の第2の実施形態による測定及びモニタ装置は、ステージ電極41の内部に組み込まれ、エッチング処理中は、その測定表面は、処理基板1でカバーされるとともに、清浄な冷却用ヘリウムガスが処理基板1とステージ電極41との間に充填される。

【0068】これにより、処理中のプラズマで発生した反応生成物が、測定及びモニタ装置の測定表面に付着することがなく、長期間安定したモニタが可能である。また、対向電極42に測定用の開口部分を設ける必要がなく、開口部分での塵埃の発生、放電の異常等が起こることなく安定な処理ができる。

【0069】そのほか、本発明の第2の実施形態による測定及びモニタ装置では、全反射光を測定しているため、プラズマ、対向電極42からの赤外光は、全反射する光路には入らず、これら外部からの外乱光の影響も少なく、高精度な測定ができる。さらに、本発明の第2の実施形態では、ステージ電極41に組み込む部分は光学系のみであり、高周波バイアス等の影響を受けない。

【0070】次に、成膜処理における膜厚測定原理を図7を参照して説明し、その原理に基づく本発明の第3の実施形態による測定及びモニタ装置の構成を図8に示し、このモニタ装置を組み込んだCVD装置の実施形態の構成を図9に示す。

【0071】図7は、シリコン基板1の表面にシリコン酸化膜61が形成された状態を示している。図7において、シリコン基板1の下には測定用の光学ガラスブロック62が密着している。膜厚の測定ではシリコン基板1とシリコン酸化膜61との界面で反射した測定光と、シリコン酸化膜61と成膜が進行する処理室内との間の界面で反射した測定光とを干渉させる必要がある。

【0072】シリコン基板1の屈折率を3.5、シリコン酸化膜61の屈折率を1.5、光学ガラスブロック62の屈折率を1.7とすると、測定光63のように、シリコン基板1とシリコン酸化膜61との界面で全反射がおき始める角度 $\theta 3R$ は約25度であり、光学ガラスブロック62からシリコン基板1への入射角度 $\theta 3$ は約62度となる。

【0073】測定光64のように、シリコン酸化膜61まで進入し、全反射するようになる条件は、シリコン酸化膜61と処理室内との界面への入射角度 $\theta 4R$ が約42度であり、光学ガラスブロック62からシリコン基板1への入射角度 $\theta 4$ は約36度となる。

【0074】したがって、入射角が36度より大きく、62度より小さい入射角の測定光はシリコン酸化膜61まで進行して全反射し、入射角が62度より大きい条件ではシリコン基板1とシリコン酸化膜61との間で全反射する。

【0075】本発明の例では、シリコン基板1とシリコン酸化膜61との界面で全反射が始まる角度 $\theta 3R$ を得るシリコン基板1への入射角 $\theta 3$ を境界として、これよ

り大きい角度と小さい角度の入射角で測定光を照射するようにしている。

【0076】角度 $\theta 3$ より入射角が小さい入射光は、酸化シリコン膜61にまで入射して反射され、 $\theta 3$ より入射角が大きい入射光はシリコン基板1とシリコン酸化膜61との界面で反射される。

【0077】このように、シリコン基板1とシリコン酸化膜61との界面、シリコン酸化膜61と処理室との界面の、両界面からの反射光を得るために、本発明の第3の実施形態では、測定光の入射角に広がりを持たせ、角度 $\theta 3$ より入射角が大きい測定光の光量と、角度 $\theta 3$ より入射角が小さい測定光の光量との割合を制御することで、反射光の干渉による強度変化を最適化し、高精度な膜厚測定ができるようにした。

【0078】膜厚の算出の基本原理は、上述したエッチング深さ d の算出と同様であるので、詳細な説明は省略する。

【0079】ここで、シリコン酸化膜61の厚さを t 、シリコン酸化膜61と処理室内の界面での反射角を β 、測定光の波長を λ 、シリコン酸化膜61の屈折率を n_{SiO_2} とする干渉により生じる反射強度の隣り合う極大値、極小値間で、シリコン酸化膜61の厚くなった量は、「 $\lambda \cos \beta / n_{SiO_2}$ 」となり、成膜を開始した点からの反射光強度変化のピークを識別することで成膜したシリコン酸化膜61の厚さ t を求めることができる。

【0080】複数波長の測定光を照射し、波長ごとの干渉強度変化から膜厚を算出する方法も第1の実施形態と同様であるため、詳細な説明は省略する。

【0081】シリコン基板1と光学ガラスブロック62との界面で反射する反射光の影響の低減は、図1で説明した入射角に広がりを持たせることによる影響低減と同じ原理による。また、膜厚測定では入射光の広がり、シリコン酸化膜61の両面から反射する光量制御という機能と、表面反射光の影響低減という機能を合わせて持たせている。

【0082】図8は、本発明の第3の実施形態による実用的な膜厚測定及びモニタ装置の構成を示す図である。図8において、円筒状のホルダ68には、円筒の内部にレンズ69、遮光板70、絞り71、吸収ブロック72、レンズブロック73、投光受光部74が組み込まれている。

【0083】また、投光受光部74には、ライトガイド77a、77bを通して、1ミクロンから3ミクロンの波長の赤外光を放射する特性の光源75と、赤外光検出センサを組み込んだ分光検出器76とが接続されている。

【0084】光源75から照射され、ライトガイド77aを通り、投光受光部74から照射された測定光は、レンズ69により平行なビームとなり、遮光板70、絞り

71により円筒状のビーム78を形成する。この円筒状のビーム78はレンズブロック73により集光され、シリコン基板1の表面に焦点を結ぶようにシリコン基板1に入射される。

【0085】シリコン基板1への測定光の入射角は、円筒状ビーム78の平均径「(外径+内径)/2」を遮光板70と、絞り71とにより調整する。また、入射する測定光の広がり、同じく遮光板70と、絞り71とにより、円筒状ビーム78の内径と外径との寸法差により調整する。

【0086】シリコン基板1に照射された測定光は、入射したのと逆の経路で投光受光部74に入り、ライトガイド77bを通して分光器76に入る。検出結果からの膜厚算出は、図7で説明した通りである。

【0087】本発明の第3の実施形態では、膜厚測定のほかにシリコン基板1からの放射赤外線を測定し、基板1の温度を測定する機能も設けている。プラズマ、対向電極から放射される赤外線は、シリコン基板1を通過するが、図7に示す全反射条件から、入射角 $\theta 4$ より小さな角度範囲の入射角の赤外線がシリコン基板1を通過するだけである。

【0088】全反射させる測定光の入射角は、角度 $\theta 4$ より大きな角度に設定されており、測定光の光路と、プラズマ、対向電極から放射される赤外線とは完全に分離される。そして、プラズマ、対向電極から放射される赤外線は、吸収ブロック72により吸収される。

【0089】ところで、シリコン基板1は、その温度に応じた赤外線量を放射する。シリコン基板1の温度測定の課題は、シリコン基板1が赤外線を透過するためプラズマ、対向電極等からの放射赤外線も合わせて測定してしまうために高精度な温度測定ができない点にある。

【0090】本発明の第3の実施形態では、測定光の反射光を検出する領域が、プラズマ、対向電極等からの放射赤外線が通らない領域に設けてあるために、測定光の光源をオフとすることにより、測定される赤外線は、シリコン基板1から放射される赤外線だけとなり、高精度な温度測定が可能となる。

【0091】また、円筒状のホルダ68には冷却用冷媒の流路79があり、円筒状のホルダ68からの赤外線を低レベルに安定化できるようになっている。

【0092】図9は、上述した本発明の第3の実施形態による測定及びモニタ装置を組み込んだプラズマCVD装置の概略構成図である。このプラズマCVD装置について、以下に説明する。

【0093】図9において、処理室80にはステージ電極81と、対向電極82とが設けられている。そして、ステージ電極81は絶縁板83により処理室80の底面等と絶縁され、このステージ電極81の内部には、基板加熱用ヒータ84、および図8で説明した膜厚測定装置85が組み込まれている。

【0094】また、ステージ電極81には高周波バイアス電源86から高周波電圧が印加される構成になっており、プラズマ発生時に処理基板1に入射するイオンのエネルギーを制御する。

【0095】また、ヒータ84には電源87から電力が供給され、ステージ電極81の温度を常温から400℃まで制御できる。そして、膜厚測定装置85には光源88と検出器89とが接続され、さらにホルダ68の冷媒流路79に冷媒を流すサーキュレータ90が接続されている。

【0096】対向電極82は、絶縁板91により処理室80の上面等と絶縁され、この対向電極82の内部には処理ガス供給部92が設けられている。また、対向電極82には高周波電源93が接続されており、高周波電力の供給によりステージ電極81と対向電極82との間にプラズマを発生させることができるように構成されている。

【0097】処理ガス供給部92より設定流量の処理ガスを処理室80内に供給して、排気口94から排気し、処理室80内の圧力を設定圧力に制御できるようになっている。

【0098】次に、この図9に示した実施形態における動作を説明する。処理室80内に処理ガス供給部92から、有機シランと、酸素と、アルゴンガスを混合した処理ガスを流し、圧力を設定圧力に制御して、対向電極82に高周波電源93から高周波電力を供給することで、プラズマを発生させ、処理ガスを分解してシリコン基板1上に酸化シリコン膜を形成する。

【0099】そして、膜厚測定装置85により、成膜された酸化シリコン膜の膜厚を測定し、膜厚が設定厚さに達した時点で高周波電源93の出力を停止し、放電を停止させる。

【0100】さらに、成膜処理中に膜厚測定装置85でシリコン基板1からの放射赤外線を測定してシリコン基板1の温度を求め、電源87の出力を制御して設定温度になるように制御する。

【0101】また、膜厚測定装置85では、反射した赤外光の吸光特性から成膜中の酸化シリコン膜の膜質を評価し、目的の膜質に合っていない場合には、ステージ電極81に印加する高周波バイアス電力を制御して膜質が設定された範囲に入るように制御する。

【0102】なお、成膜処理においても、エッチング処理と同様に、膜厚測定及びモニタ装置を複数組み込み、成膜中の膜厚分布を測定し、その結果に基づき、処理ガスの流量を制御して、膜厚分布を設定された条件に入るように、制御することができる。

【0103】以上のように、本発明の第3の実施形態によるCVD装置では、成膜中の膜厚を処理中に測定できるとともに、測定面がシリコン基板1の裏面であるため、測定面に膜が付着することもなく、安定して精度良

く膜厚を測定できる。さらに、成膜中のシリコン基板1の温度、成膜中の膜の膜質も測定でき、膜質、膜厚共に設定された条件の膜を再現性良く成膜できる。

【0104】次に、シリコン基板1の表面に形成した酸化シリコン膜の表面を平坦に処理する研磨加工処理を実行する平坦化研磨装置に、本発明の第3の実施形態である測定及びモニタ装置を適用した場合の例を図10に示す。

【0105】なお、膜厚測定の原理、測定及びモニタ装置の構成は、図8に示した第3の実施形態と同様である。図10において、平坦化研磨装置は、下回転テーブル100と、上回転テーブル101とからなり、下回転テーブル100の上面にはクロス102が貼り付けてある。下回転テーブル100、上回転テーブル101は、図示しない駆動機構により図中の矢印方向に回転するようになっている。

【0106】また、上部回転テーブル101のシャフトには軸制御部103が有り、シリコン基板1の研磨分布を制御できるようになっている。

【0107】上回転テーブル101にはシリコン基板1の裏面を真空吸着する手段と、膜厚測定装置85とが組み込まれている。

【0108】上回転テーブル101にシリコン基板1の裏面を吸着させると、シリコン基板1の裏面は膜厚測定装置85の測定面に密着するように調整されている。膜厚測定装置85は、中央部分の一箇所と、円周上の4ヶ所との計5個が上回転テーブル101に組み込まれている。

【0109】シリコン酸化膜が表面に形成されたシリコン基板1を上回転テーブル101に吸着させ、膜厚測定装置85でシリコン基板1に形成されたシリコン酸化膜厚を測定する。そして、クロス102に、図示しない研磨剤供給手段から研磨剤を供給して、下回転テーブル100と、上回転テーブル101とを回転させながらシリコン基板1の加工面をクロス102に押し付けることによって、シリコン基板1を研磨する。

【0110】膜厚測定装置85では、膜厚を連続して測定し、シリコン基板1上の各位置での膜の削れ速さ、残膜厚を算出し、シリコン酸化膜厚が均等に、かつ設定された膜厚に加工できるように、軸制御部103で上回転テーブル101をクロス3に押し付ける力、シャフトの傾き等を制御する。

【0111】以上説明したように、本発明を適用した膜厚、エッチングによる加工深さ測定及びモニタ装置は、測定時に成膜、加工処理の影響を受け難く、高精度で再現性の良い膜厚又は加工深さ測定及びモニタリングが可能である。

【0112】なお、上述した実施形態では、シリコン基板1を中心に説明したが、これに限定されるものではなく、液晶表示素子等のディスプレイ用ガラス基板での成

膜、加工や磁気ヘッドの成膜、加工等、薄膜を用いたものであれば本発明は適応可能である。その場合、測定対象の基板、膜の物性により、用いる光の波長を選択する必要があることは言うまでもない。

【0113】

【発明の効果】本発明によれば、成膜、平坦化処理における膜厚、エッチング処理における加工深さ、およびこれら処理中の基板温度等を、良好な再現性で高精度に測定することができる。

10 【0114】これにより、薄膜微細パターンを設定通りの仕様に高精度に制作できるため、薄膜微細パターンを用いた半導体素子、液晶表示素子等の性能、信頼性を向上できるという効果がある。

【0115】つまり、処理の進行状況を処理室内の状況による影響を受けずに膜厚、加工深さを測定するとともに、基板表面の状況を測定する基板表面からの反射光を選択的に検出し、基板表面の高精度な測定を可能にする、膜厚又は加工深さの測定及びモニタ装置を実現することができる。

20 【0116】また、基板表面の高精度な測定及びモニタ装置を組み込んだ成膜、加工装置を実現すること、これらの測定及びモニタ装置を用いた高精度な成膜加工方法を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明におけるエッチング加工深さを測定する原理を説明する図である。

【図2】図1の原理で測定した検出信号波形モデルを示す図である。

30 【図3】本発明の第1の実施形態であるエッチング加工深さ測定装置の光学系の概略構成図である。

【図4】図3に示す実施形態における検出信号波形モデルを示す図である。

【図5】本発明の第2の実施形態であるエッチング加工深さ測定装置の概略構成図である。

【図6】図5で示したエッチング加工深さ測定装置を組み込んだエッチング装置の断面構造を示す図である。

【図7】本発明における成膜加工膜厚を測定する原理を説明する図である。

40 【図8】本発明の第3の実施形態である成膜加工膜厚測定装置および基板温度測定装置の概略構成図である。

【図9】図8で示した成膜加工膜厚測定装置を組み込んだCVD装置の断面構造を示す図である。

【図10】図8で示した成膜加工膜厚測定装置を組み込んだ平坦化研磨装置の断面構造を示す図である。

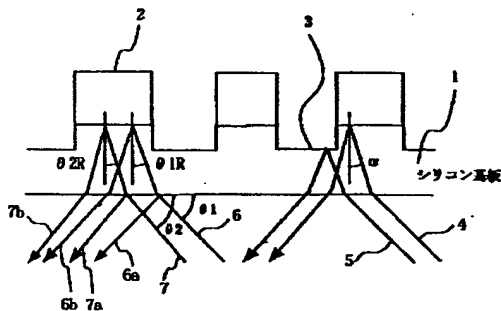
【符号の説明】

- | | |
|--------|----------|
| 1 | シリコン基板 |
| 2 | レジストマスク |
| 3 | シリコン基板表面 |
| 4、5 | 測定光 |
| 50 6、7 | 測定光 |

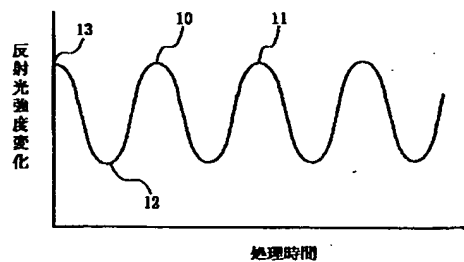
	17	
15	光源	
16	レンズ	
17	絞り	
18	レンズ	
19	ミラー	
20	ミラー	
21	レンズ	
22	分光器	
23	エッチング深さ算出装置	
25	円筒状ホルダ	
26	レンズ	
27 a、27 b	遮光板	
28	絞り	
29	反射ブロック	
29 a	面	
30	投受光部	
31	光源	
32、34	ライトガイド	
33	分光器	
36	Oリング	
40	処理室	
41	ステージ電極	
42	対向電極	
42 a	中心部分	
43	排気口	
44	絶縁板	
45	高周波バイアス電源	
46	流路	
47	サーキュレータ	
48 a~48 c	モニタ装置	
50 a、50 b	高周波電源	

	18	
61	シリコン酸化膜	
62	光学ガラスブロック	
63、64	測定光	
69	レンズ	
70	遮光板	
71	絞り	
72	吸収ブロック	
73	レンズブロック	
74	投光受光部	
10 75	光源	
76	分光検出器	
77 a、77 b	ライトガイド	
79	冷媒流路	
80	処理室	
81	ステージ電極	
82	対向電極	
83	絶縁板	
84	ヒータ	
85	膜厚測定装置	
20 86	高周波バイアス電源	
87	電源	
88	光源	
89	検出器	
90	サーキュレータ	
91	絶縁板	
92	処理ガス供給部	
93	高周波電源	
94	排気口	
100	下回転テーブル	
30 101	上回転テーブル	
103	軸制御部	

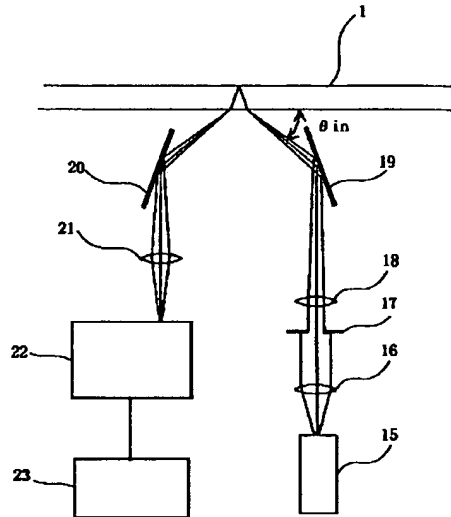
【図1】



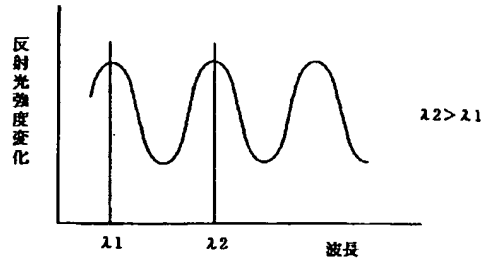
【図2】



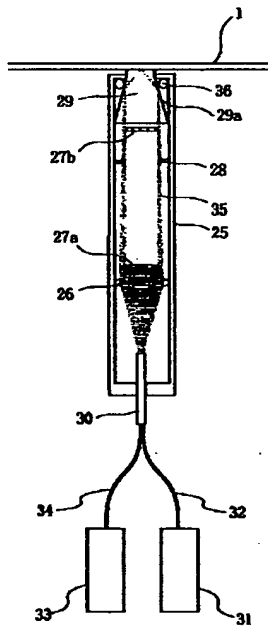
【図3】



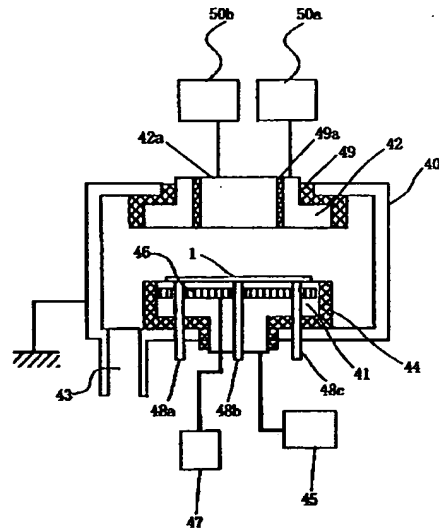
【図4】



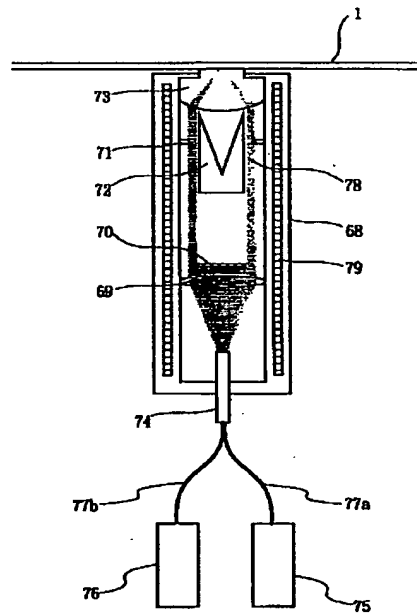
【図5】



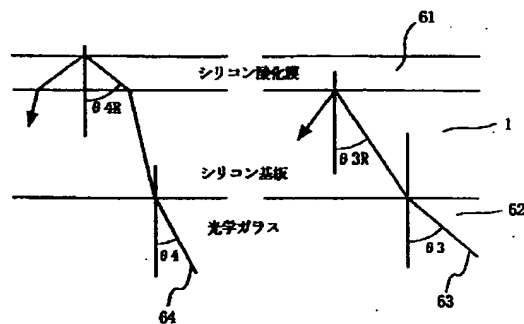
【図6】



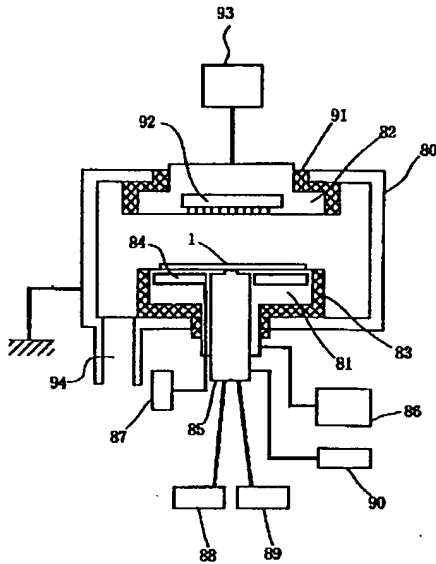
【図8】



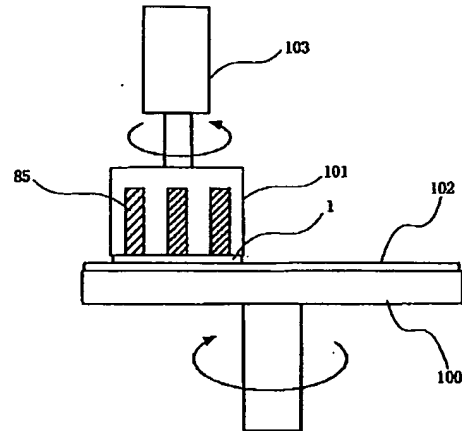
【図7】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

識別記号

G 0 1 J 5/06

H 0 1 L 21/3065

21/304

21/31

6 2 2

F I

G 0 1 J 5/06

H 0 1 L 21/304

21/31

21/302

テーマコード(参考)

5 F 0 4 5

6 2 2 S

C

E

C

Fターム(参考) 2F064 AA00 CC10 DD02 FF06 GG12

2F065 AA25 AA30 BB01 CC17 CC31

DD11 DD12 FF52 GG23 HH03

HH04 HH12 HH18 LL01 LL09

LL12 LL30 LL67 NN00 PP11

QQ29

2G066 AB10 AC01 AC11 BA43 BB01

CA14

4M106 AA01 AA10 AA13 BA08 CA17

CA48 CA52 DB03 DB07 DH03

DH04 DH13 DH14 DJ17 DJ18

DJ20

5F004 AA01 BA04 BB16 BB17 BB18

BC08 CA02 CA03 CB09 CB16

DB01 EA06

5F045 AA08 AB32 AC07 AC11 AC16

AD04 AD05 AD06 AD07 AD08

BB02 DP03 DP28 EB02 EH14

GB09

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] In the thickness and the processing depth measuring device which measure the depth of the processing side processed on the membranous thickness or the membranous substrate front face formed in the substrate front face with an optical interference means A means to irradiate a measuring beam from a substrate rear face on the conditions which carry out total reflection by the interface of the film formed in the substrate front face, or a processing side, The thickness, the processing depth measuring device which are characterized by having a means to make the reflected light from a substrate front face, and the reflected light from the front face or the above-mentioned processing side of the above-mentioned film interfere, and to measure thickness or the processing depth.

[Claim 2] It is the thickness and the processing depth measuring device which the above-mentioned measuring beam has two or more wavelength in the thickness of a publication of claim 1, and a processing depth measuring device, and are characterized by having a means to measure thickness or the processing depth from the interference result for every wavelength.

[Claim 3] In the thickness and the processing depth measuring device which measure the depth of the processing side processed on the membranous thickness or the membranous substrate front face formed in the substrate front face with an optical interference means A means to irradiate a measuring beam from a substrate rear face on the conditions which carry out total reflection by the interface of the film formed in the substrate front face, or a processing side, The difference of the optical path which passes through the inside of the substrate by the difference of an incident angle to the incident angle in which the above-mentioned measuring beam to irradiate carries out incidence to the rear face of a substrate more than the wavelength of incident light A ****, A means to irradiate the measuring beam from which an incident angle differs in the range in which the optical path difference by the membranous thickness or the membranous processing depth which is the measuring object becomes below the wavelength of incident light, The thickness, the processing depth measuring device which are characterized by having a means to make the reflected light from a substrate front face, and the reflected light from the front face or the above-mentioned processing side of the above-mentioned film interfere, and to measure thickness or the processing depth.

[Claim 4] It is the thickness and the processing depth measuring device which the above-mentioned measuring beam has two or more wavelength in thickness according to claim 3 and a processing depth measuring device, and are characterized by having a means to measure thickness or the processing depth from the interference result for every wavelength.

[Claim 5] In the thickness measurement equipment which measures the thickness of the film formed in the substrate front face with an optical interference means A means to irradiate both the measuring beam of the conditions which carry out total reflection on the front face of the film formed in the substrate front face, and the measuring beam of the conditions which carry out total reflection by the interface of the film and a substrate from a substrate rear face, A means to make the reflected light from a membranous front face, and the reflected light from the interface of the film and a substrate interfere, and to measure thickness or the processing depth, and thickness measurement equipment characterized by having.

[Claim 6] It is thickness measurement equipment which the above-mentioned measuring beam has two or more wavelength in thickness measurement equipment according to claim 5, and is characterized by having a means to measure thickness or the processing depth from the interference result for every wavelength.

[Claim 7] A means to irradiate a measuring beam from a substrate rear face on the conditions which carry out total reflection by the interface of the film formed in the substrate front face in the membrane formation equipment which forms a thin film on a substrate, The thin film deposition system characterized by having a means to make the reflected light from a substrate front face, and the reflected light from the front face of the above-mentioned film interfere, and to measure the thickness depth, and a means to form a thin film on the above-mentioned substrate based on the thickness

measured by means to measure the above-mentioned thickness depth.

[Claim 8] A means to irradiate a measuring beam from a substrate rear face in the processing equipment on the front face of a substrate on the conditions which carry out total reflection by the interface of the processing side on the front face of a substrate, Processing equipment on the front face of a substrate characterized by having a means to make the reflected light from a substrate front face, and the reflected light from the above-mentioned processing side interfere, and to measure the processing depth, and a means to process the above-mentioned substrate front face based on the processing depth measured by means to measure the above-mentioned processing depth.

[Claim 9] A measuring beam is irradiated from a substrate rear face on the conditions which carry out total reflection by the interface of the film formed in the substrate front face in the thin film formation approach which forms a thin film in a substrate front face. The reflected light from a substrate front face, The thin film formation approach characterized by making the reflected light from the front face of the above-mentioned film interfere, measuring the thickness depth, computing the difference of the situation of processing, and the desired value of the set-up thickness from the measurement result of the above-mentioned thickness depth, and controlling thin film formation processing conditions based on the result.

[Claim 10] In the substrate surface treatment approach processed on a substrate front face, a measuring beam is irradiated from a substrate rear face on the conditions which carry out total reflection by the interface of the processing side on the front face of a substrate. The reflected light from a substrate front face, The substrate surface treatment approach characterized by making the reflected light from the above-mentioned processing side interfere, measuring the processing depth, computing the difference of the situation of processing, and the desired value of the set-up processing depth from the measurement result of the above-mentioned processing depth, and controlling surface treatment processing conditions based on the result.

[Claim 11] The thermometry equipment carry out setting up to the optical-path field through which the radiation infrared radiation from radiation infrared generating fields other than the processing substrate which the range which measures the radiation infrared radiation from the processing substrate of a radiation infrared on-the-strength measurement means measures in the thermometry equipment which has a radiation infrared on-the-strength measurement means, measures the radiation infrared reinforcement from a processing substrate, and measures the temperature of a processing substrate does not pass as the description.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001]**

[Field of the Invention] This invention measures membrane formation of flattening processing of the thin film which forms a thin film and which membrane-formation-processed and formed, the etching processing which form a detailed pattern in a thin film, and a processing processing situation, and the equipment, the measurement, and the monitoring device which carry out a monitor are related in it to the measurement by the incorporated thickness, the processing depth measuring device, and these equipments, the monitor approach and membrane formation, and the processing approach in manufacture of the component which combined detailed thin film patterns, such as semiconductor device manufacture and liquid crystal display component manufacture,.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is important to search for correctly change of thickness and the processing advance situation of a detailed pattern, and to realize processing as a setting in membrane formation processing and flattening processing in which it is used for semiconductor device manufacture and liquid crystal display component manufacture, and detailed pattern formation processing. The interference approach which used light is widely used for measurement of the thickness in these processings, and the processing advance situation of a detailed pattern.

[0003] As these conventional techniques, the etching end point detector equipment which detects termination of detailed pattern formation by interference is shown in JP,8-292012,A.

[0004] Moreover, the approach of measuring the thickness formed on the substrate by interference is shown in JP,11-153416,A. Moreover, the thickness measurement approach in the flattening processing on the front face of a substrate is shown in JP,7-4921,A. that is, a technique given in this JP,7-4921,A indicates thickness about measurable thickness measurement during polishing of a semi-conductor wafer -- having -- **** -- the film -- the thickness of a thin film is measured based on the reflected light reflected during thick measurement after it irradiates at a substrate the measuring beam of the wavelength which penetrates a substrate and this measuring beam penetrates a substrate.

[0005] Moreover, about the thermometry of a processing substrate, it is ** carried out of the highly-precise-izing of the thermometry by the radiation infrared radiation which used the filter for JP,10-111186,A.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, with the etching end point detector equipment shown in JP,8-292012,A which is the above-mentioned conventional technique, it changed as the situation of the processing interior of a room and the situation of the internal surface of the measurement aperture to observe lapped processing, in order to measure the surface situation of a processing substrate through the processing interior of a room, and since the change influenced a measurement result, there was a problem that highly precise measurement and monitoring were difficult.

[0007] Moreover, with the conventional technique which measures a surface processing situation from the rear face of a processing substrate as shown in JP,11-153416,A or JP,7-4921,A, the effect of the reflected light from a substrate rear face was large, and there was a problem that it was difficult to detect the reflected light from the substrate front face which measures the situation on the front face of a substrate with a sufficient precision.

[0008] The purpose of this invention is realizing the thickness or the processing depth measurement, and the monitoring device which detect alternatively the reflected light from the substrate front face which measures the situation on the front face of a substrate, and enable highly precise measurement on the front face of a substrate while measuring thickness and the processing depth, without being influenced [according the advance situation of processing to the situation of the processing interior of a room].

[0009] Moreover, other purposes of this invention are realizing membrane formation incorporating the highly precise measurement and the highly precise monitoring device on the front face of a substrate, and a processing measuring

device, and realizing the highly precise membrane formation processing approach using these monitoring devices.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention is constituted as follows.

(1) In the thickness and the processing depth measuring device which measure the depth of the processing side processed on the membranous thickness or the membranous substrate front face formed in the substrate front face with an optical interference means It has a means to make a means to irradiate a measuring beam from a substrate rear face, the reflected light from a substrate front face, and the reflected light from the front face or the above-mentioned processing side of the above-mentioned film interfere, and to measure thickness or the processing depth on the conditions which carry out total reflection by the interface of the film formed in the substrate front face, or a processing side.

[0011] (2) Preferably, in the above-mentioned thickness and a processing depth measuring device, the above-mentioned measuring beam has two or more wavelength, and is equipped with a means to measure thickness or the processing depth, from the interference result for every wavelength.

[0012] (3) In the thickness and the processing depth measuring device which measure the depth of the processing side processed on the membranous thickness or the membranous substrate front face formed in the substrate front face with an optical interference means A means to irradiate a measuring beam from a substrate rear face on the conditions which carry out total reflection by the interface of the film formed in the substrate front face, or a processing side, The difference of the optical path which passes through the inside of the substrate by the difference of an incident angle to the incident angle in which the above-mentioned measuring beam to irradiate carries out incidence to the rear face of a substrate more than the wavelength of incident light A ****, It has a means to make a means to irradiate the measuring beam from which an incident angle differs in the range in which the optical path difference by the membranous thickness or the membranous processing depth which is the measuring object becomes below the wavelength of incident light, the reflected light from a substrate front face, and the reflected light from the front face or the above-mentioned processing side of the above-mentioned film interfere, and to measure thickness or the processing depth.

[0013] (4) Preferably, in the above (3), the above-mentioned measuring beam has two or more wavelength, and is equipped with a means to measure thickness or the processing depth, from the interference result for every wavelength.

[0014] (5) In the thickness measurement equipment which measures the thickness of the film formed in the substrate front face with an optical interference means A means to irradiate both the measuring beam of the conditions which carry out total reflection on the front face of the film formed in the substrate front face, and the measuring beam of the conditions which carry out total reflection by the interface of the film and a substrate from a substrate rear face, The reflected light from a membranous front face and the reflected light from the interface of the film and a substrate are made to interfere, and it has with a means to measure thickness or the processing depth.

[0015] (6) Preferably, in the above (5), the above-mentioned measuring beam has two or more wavelength, and is equipped with a means to measure thickness or the processing depth, from the interference result for every wavelength.

[0016] (7) A means to irradiate a measuring beam from a substrate rear face on the conditions which carry out total reflection by the interface of the film formed in the substrate front face in the membrane formation equipment which forms a thin film on a substrate, It has a means to make the reflected light from a substrate front face, and the reflected light from the front face of the above-mentioned film interfere, and to measure the thickness depth, and a means to form a thin film on the above-mentioned substrate based on the thickness measured by means to measure the above-mentioned thickness depth.

[0017] (8) In the processing equipment on the front face of a substrate, it has a means make a means irradiate a measuring beam from a substrate rear face, the reflected light from a substrate front face, and the reflected light from the above-mentioned processing side interfere, and measure the processing depth on the conditions which carry out total reflection by the interface of the processing side on the front face of a substrate, and a means process the above-mentioned substrate front face based on the processing depth measured by means measure the above-mentioned processing depth.

[0018] A measuring beam is irradiated from a substrate rear face on the conditions which carry out total reflection by the interface of the film formed in the substrate front face in the thin film formation approach which forms a thin film in a substrate front face. (9) The reflected light from a substrate front face, The reflected light from the front face of the above-mentioned film is made to interfere, the thickness depth is measured, the difference of the situation of processing and the desired value of the set-up thickness is computed from the measurement result of the above-mentioned thickness depth, and thin film formation processing conditions are controlled based on the result.

[0019] In the substrate surface treatment approach processed on a substrate front face, a measuring beam is irradiated

from a substrate rear face on the conditions which carry out total reflection by the interface of the processing side on the front face of a substrate. (10) The reflected light from a substrate front face, The reflected light from the above-mentioned processing side is made to interfere, the processing depth is measured, the difference of the situation of processing and the desired value of the set-up processing depth is computed from the measurement result of the above-mentioned processing depth, and surface treatment processing conditions are controlled based on the result.

[0020] (11) It has a radiation infrared on-the-strength measurement means, and set up to the optical-path field through which the radiation infrared radiation from radiation infrared generating fields other than the processing substrate which the range which measures the radiation infrared radiation from the processing substrate of a radiation infrared on-the-strength measurement means measures does not pass in the thermometry equipment which measures the radiation infrared reinforcement from a processing substrate, and measures the temperature of a processing substrate.

[0021] The situation of the processing interior of a room and the situation of the internal surface of the measurement aperture to observe change, the measurement device of the processing situation of a substrate is included in the stage in which a substrate is laid to the problem which influences a measurement result, and it was made to measure from the rear face of a substrate according to this invention. It becomes possible to eliminate from a measurement field, and good measurement and the monitoring of repeatability came to be able to do the resultant which coating weight increases by repeating processing by this.

[0022] Moreover, to the measurement from the rear face of a substrate, the measuring beam which irradiates a rear face was made to measure on the incident angle conditions which carry out total reflection on a substrate front face.

Thereby, the reflected light reinforcement from a substrate front face is raised, and it could be made to perform highly precise measurement and monitoring. Furthermore, breadth was given to whenever [incident angle / of the measuring beam which irradiates a substrate rear face], and interference of the reflected light from a substrate rear face and the reflected light from a substrate front face was reduced. thereby -- the reflected light interference change on the strength from a substrate front face -- precision -- good -- measurement -- and it could be made to carry out monitoring.

[0023] measurement of thickness -- setting -- the breadth of an incident angle -- controlling -- the rate of the reflected light from a membranous front face, and the reflected light from the interface of the film and a substrate -- controlling - - reflected light interference reinforcement -- rationalizing -- precision -- good -- measurement -- and it could be made to carry out monitoring.

[0024] preparing the radiation infrared detection device from a processing substrate in the field through which the radiation infrared radiation from the plasma or a processing indoor wall surface does not pass optically in the thermometry of a processing substrate -- precision -- good -- measurement -- and it could be made to carry out monitoring.

[0025] Moreover, about membrane formation incorporating measurement and a monitoring device, processing, and an etching system, it considered as the configuration which embedded the measurement and the monitoring device which are measured from a substrate rear face on the stage in which a substrate is laid. moreover, these equipments -- a stage - - two or more embedding, processing distribution of a substrate, and a processing situation -- measurement -- and it could be made to carry out the monitor. Furthermore, based on these results, processing conditions are controlled and it could be made to perform optimal processing.

[0026]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 and drawing 2 are drawings explaining radical Motohara ** of this invention, and drawing 3 is the outline block diagram of the 1st operation gestalt of this invention.

[0027] In drawing 1, a part with the resist mask 2 is shown in the front face of a silicon substrate 1, and etching processing is advancing in the silicon substrate surface 3 without this resist mask 2.

[0028] A measuring beam 4 is irradiated on the conditions which carry out total reflection by the interface of a silicon substrate 1 and the resist mask 2. A measuring beam 5 is irradiated by the same incident angle as a measuring beam 4, and it carries out incidence so that total reflection may be carried out in a silicon substrate surface 3.

[0029] Moreover, the interface of a silicon substrate surface 3 is an interface of a silicon substrate 1 and a vacuum, and a refractive index becomes large compared with the interface of a silicon substrate 1 and the resist mask 2. Therefore, if the measuring beams irradiated from the silicon substrate 1 side are conditions which carry out total reflection by the interface of a silicon substrate 1 and the resist mask 2, total reflection of them will surely be carried out in a silicon substrate surface 3.

[0030] The depth (thickness of the substrate 1 from the interface of the resist film 2 and a substrate 1 to a front face 3) of the silicon substrate surface 3 where etching processing is advancing is set to "d" here. If the refractive index of a silicon substrate 1 is set to "n" and the include angle of a line and a measuring beam 4 (5) perpendicular to the interface of a silicon substrate 1 and the resist film 2 (vacuum) to make is set to "alpha", the difference of the optical length of

the optical path of a measuring beam 4 and the optical path of a measuring beam 5 will be set to $2dn/\cos\alpha$."

[0031] Drawing 2 is drawing showing change of the reflected light reinforcement by the processing time when etching advances, and reflected interference of measuring beams 4 and 5. If wavelength of measuring beams 4 and 5 is set to " λ ", it will become the maximal value the difference of the optical length of the optical path of a measuring beam 4 and the optical path of a measuring beam 5 indicates the reinforcement of the reflected light detected on condition that the integral multiple of " λ " to be to the peak 10 of drawing 2, and a peak 11.

[0032] moreover, the difference of the optical length of the optical path of a measuring beam 4, and the optical path of a measuring beam 5 -- the integral multiple of " λ " -- " $\lambda/2$ " -- when small, the reinforcement of the reflected light to detect serves as [whether it is large and] the minimal value shown in the peak 12 of drawing 2.

[0033] Therefore, depth d to which etching advanced between adjacent minimal value and maximal value becomes " $\lambda \cos \alpha / n$ ", and it can ask for depth d etched by identifying the peak of the reflected light change on the strength from the point 13 which started etching.

[0034] When infrared light with a wavelength of 1.4 microns is used for a measuring beam, the amount of etching between the maximum and the minimum peak is about 370nm, if the repeatability of detection is good, by the variation from the initial value of reflected light reinforcement, between peaks can be divided further, and can identify it, and can ask for etching depth d in the precision of 100nm or less.

[0035] There is not only the reflected light from a silicon substrate surface 3 explained previously but the reflected light from the rear face of a silicon substrate 1 among the reflected lights of the measuring beam which irradiated the rear face of a silicon substrate 1, and a change of the reflected light which also detects this on the strength is influenced.

[0036] 30% of the quantity of light of the measuring beam which irradiated the amount of reflected lights from the rear face of a silicon substrate 1 in the case of the silicon substrate 1 is reached, this interferes with the reflected light from an etching side, and in order for the change on the strength and the phase of the reflected light accompanying advance of etching explained previously to shift and to change, detection of highly precise etching depth d becomes difficult.

[0037] So, in this invention, in order to reduce the effect of the reflected light from the rear face of this silicon substrate 1, dispersion was given to the measuring beam as include angles θ_1 and θ_2 which are different, respectively in the incident angle of a measuring beam 6 and a measuring beam 7 shown in drawing 1.

[0038] When angle of reflection in each incident angle of a measuring beam 6 and a measuring beam 7 which carries out total reflection is set to " θ_{1R} , θ_{2R} " and thickness of a silicon substrate 1 is set to " d_0 ", the difference of the optical length of a measuring beam 6 and a measuring beam 7 is expressed with " $2d_0 (1/\cos\theta_{1R} - 1/\cos\theta_{2R})$."

[0039] The difference of optical length is about 5 microns on condition that incident angle dispersion from which, as for the thickness of a silicon substrate 1, the effect on etching depth measurement in those with 500 microns or more and an etching depth of 1 micron usually becomes less than 0.01 microns.

[0040] This will be about 3 times the wavelength, when infrared light with a wavelength of 1.4 microns shown for example previously is used as a measuring beam. To the reflected lights 6a and 7a in the rear face of a silicon substrate 1, the reflected lights 6b and 7b from an etching side (interface of the resist mask 2 and a silicon substrate 1) mean being shifted at random [a phase] in the range of 6π , and this thing can reduce sharply the change on the strength by interference of these reflected lights 6b and 7b.

[0041] Thereby, interference with the reflected light from the interface of the front face of a silicon substrate 1 and the resist mask 2 and the reflected light from the front face 3 of a silicon substrate 1 where etching advances mainly becomes, and, as for a change of the reflected light detected on the strength, highly precise detection is attained.

[0042] Next, the measurement and the monitoring device which were constituted based on the principle of this invention explained above are explained using drawing 3. In drawing 3, the light source 15 is the light source which generates infrared light with a wavelength of 1 to 3 microns. With a lens 16, the light (measuring beam) from the light source 15 passes diaphragm 17 and a lens 18, after serving as an almost parallel beam, and it is irradiated so that it may be reflected by the mirror 19 and a focus may be connected near the rear face of a silicon substrate 1.

[0043] The reflected light from the silicon substrate 1 of the measuring beam irradiated by the silicon substrate 1 is reflected by the principle explained by drawing 1. And it is reflected by the mirror 20, incidence of the reflected light from a silicon substrate 1 is carried out to a spectroscope 22 with a lens 21, and this spectroscope 22 detects the reflected light reinforcement for every wavelength of the measuring beam which carried out incidence. The detection result of a spectroscope 22 is sent to etching depth calculation equipment 23, computes the etching depth, and searches for the terminal point of etching etc.

[0044] Next, actuation of each part shown in drawing 3 is explained. Angle-of-incidence θ_{in} of the measuring beam which irradiates a silicon substrate 1 adjusts the include angle of a mirror 19, is the interface of the front face of a silicon substrate 1, and a resist mask, and doubles it with the conditions which carry out total reflection including the

angle of divergence of incident light. Angle-of-divergence adjustment of the incident light centering on an angle of incidence changes the beam diameter of exposure light according to diaphragm 17, and is adjusted.

[0045] It is reflected so that it may pass along a lens 21 by the mirror 20, and the reflected light from a silicon substrate 1 is brought together in a spectroscope 22. In a spectroscope 22, as shown in drawing 4, the reflected light change on the strength for every wavelength is measured.

[0046] Although the principle explanation by drawing 1 explained interference by single wavelength, when the light of two or more wavelength is used, the same interference phenomenon has occurred to the light of each wavelength. Since the principle of superposition is realized about light, the interference situation of each wavelength can be measured by dividing for every wavelength with a spectroscope.

[0047] With etching depth calculation equipment 23, it asks for the peak location of reflected light reinforcement, and the relation of wavelength first from the measurement result of the spectroscope shown in drawing 4. That is, since the difference of the optical path which will interfere in the wavelength of one peak at each of this peak if wavelength of the peak of a side with long λ_1 and its next wavelength is set to λ_2 if it explains with reference to drawing 4 is the same, if "i" is made into an integer, relation " $i \cdot \lambda_1 = (i-1) \cdot \lambda_2$ " Unrelated will be realized.

[0048] It can express with "i is an integer nearest to $\lambda_2 / (\lambda_2 - \lambda_1)$ " from this. And if a measuring beam sets to the same "alpha" as drawing 1 the include angle which carries out total reflection on the front face of a silicon substrate 1, it can ask for the etching depth "d" by " $d = i \cdot \lambda_1 \cdot \cos \alpha / 2$." Therefore, with etching depth calculation equipment 23, etching depth d is computed based on this formula " $d = i \cdot \lambda_1 \cdot \cos \alpha / 2$."

[0049] Like the 1st operation gestalt of this invention, when using the light of two or more wavelength, etching does not advance but the absolute value of etching depth d can be calculated also in the condition of having stopped. Therefore, set-up etching depth d can be measured from the method using ** single wavelength to high degree of accuracy.

[0050] That is, while measuring thickness and the processing depth according to the 1st operation gestalt of this invention, without being influenced [according the advance situation of processing to the situation of the processing interior of a room], the reflected light from the substrate front face which measures the situation on the front face of a substrate can be detected alternatively, and measurement and the monitoring device of the thickness which enables highly precise measurement on the front face of a substrate, or the processing depth can be realized.

[0051] Next, the configuration of the 2nd operation gestalt of this invention is explained below with reference to drawing 5. In drawing 5, a lens 26, gobo 27a, gobo 27b, the diaphragm 28, the reflective block 29, and the floodlighting light sensing portion 30 are included in the cylinder-like holder 25. Moreover, it is made with the glass for optics, as for the reflective block 29, coating of the reflective film is carried out to field 29a, and the light which carried out incidence to this field 29a has composition reflected from the interior of the reflective block 29.

[0052] A lens 26, Gobos 27a and 27b, the diaphragm 28, the reflective block 29, and the floodlighting light sensing portion 30 are constituted by a holder 25 and the same axle. The floodlighting light sensing portion 30 has the structure of sending the reflected light which has returned from the cylindrical holder 25 to the floodlighting light sensing portion 30 to a spectroscope 33 while it connects with the light source 31 and a spectroscope 33 by light guides 32 and 33 and it can irradiate the measuring beam from the light source 31 in the cylindrical holder 25 from the floodlighting light sensing portion 30.

[0053] The light source of the property of emitting infrared light with a wavelength of 1 to 3 microns as well as the operation gestalt shown in drawing 3 is used for the light source 31.

[0054] The measuring beam irradiated from the floodlighting light sensing portion 30 is adjusted to the include angle which condenses with a lens 26 more slightly than a collimated beam. Next, the beam light of the shape of a ring shown in the optical path 35 to which the width of face of light becomes thin gradually is made from the shape of a ring according to Gobos 27a and 27b and diaphragm 28. It goes into the reflective block 29, it is reflected by reflector 29a, and incidence of the beam light 35 of the shape of this ring is carried out to a silicon substrate 1.

[0055] A setup of whenever [to this silicon substrate 1 / incident angle] can be set up at an angle of reflector 29a. With the 2nd operation gestalt of this invention, the substrate of the measuring object is limited to a silicon substrate 1, and the incident angle of the measuring beam to a silicon substrate 1 is considered as immobilization. The breadth of the angle of incidence of this measuring beam can be adjusted by adjusting the change rate of the width of face of ring-like light with the location of the lens 26 which makes a ring-like beam, Gobos 27a and 27b, and the dimension of diaphragm 28.

[0056] Thus, the measuring beam which adjusted an incident angle and the breadth of an incident angle is irradiated at a silicon substrate 1. The reflected light passes along a path contrary to exposure light, it carries out incidence to the floodlighting light sensing portion 30, and it is sent to a spectroscope 33. The calculation approach of etching depth d

after this is the same as that of the 1st operation gestalt.

[0057] In addition, the O ring which was prepared in the periphery of O ring 36 prepared between the reflective block 29 and the holder 25 and which is not illustrated is performing system of measurement and the vacuum seal of the processing interior of a room.

[0058] Next, the 2nd etching system using an operation gestalt and etching art are explained with reference to drawing 6. In drawing 6, the stage electrode 41 and the counterelectrode 42 are formed in the processing room 40, on the stage electrode 41, a silicon substrate 1 is arranged and etching processing is performed.

[0059] The stage electrode 41 is insulated with the base of the processing room 40, or a side attachment wall by the electric insulating plate 44, and the 800kHz high frequency bias power supply 45 is connected. The passage 46 which pours the refrigerant for cooling is formed in the inside of the stage electrode 41, and it has the composition of pouring the refrigerant which carried out temperature control by the circulator 47.

[0060] Moreover, in the stage electrode 41, four peripheries and a total of five monitoring devices of one core including two pieces which are not illustrated besides the monitoring devices 48a, 48b, and 48c of a configuration of being shown in drawing 5 explained with the 2nd operation gestalt are incorporated. He carries out the seal of the incorporated monitoring device with an O ring, and is trying not to have the leak from the passage 46 or the processing outdoor of a refrigerant, as the 2nd operation gestalt explained.

[0061] The electrostatic adsorption device which is not illustrated is prepared in the front face of the stage electrode 41, a silicon substrate 1 is adsorbed, gaseous helium is put in between a silicon substrate 1 and the stage electrode 41, and precision improves a silicon substrate 1 temperature control.

[0062] The counterelectrode 42 is insulated with the top face of the processing room 40, or the side attachment wall by the electric insulating plate 49, and core part 42a of a counterelectrode 42 is mutually insulated by the periphery part of this counterelectrode 42, and electric insulating plate 49a. And 68MHz RF generator 50b is connected to the periphery part of a counterelectrode 42, and 40MHz RF generator 50b is connected to core part 42a.

[0063] Moreover, there is a feed zone of the etching gas which is not illustrated in a counterelectrode 42, the etching gas of the amount of setup is exhausted from an exhaust port 43 with a sink, and the inside of the processing room 40 is maintained at a setting pressure.

[0064] The high-frequency power which made the etching gas of a setting flow rate the sink and the setting pressure, made temperature of a silicon substrate 1 laying temperature, and was set up from RF generators 50a and 50b in the processing room 40 is supplied, the plasma is generated between the stage electrode 41 and a counterelectrode 42, the high frequency bias power set up from the high frequency bias power supply 45 is supplied, and etching is made to start.

[0065] Etching depth [of five points] d of a silicon substrate 1 is measured with monitoring devices 48a, 48b, and 48c and other two monitoring devices, and an etching rate is computed from time amount change of distribution of etching, and etching depth d. And when distribution of etching and an etch rate shift from a setup, the power ratio of RF generators 50a and 50b and power level are controlled, and it controls so that distribution of etching and an etch rate go into a setting range.

[0066] As mentioned above, while it is controllable so that the monitor of distribution of etching and the etch rate is carried out to the stage electrode 41 which arranges the processing substrate 1 by incorporating two or more measurement and a monitoring device and processing is completed in the target setting range based on the result, the completing point of etching can be detected with high precision, and good etching processing of repeatability can be performed.

[0067] The measurement and the monitoring device by the 2nd operation gestalt of this invention are built into the interior of the stage electrode 41, and during etching processing, while the measurement front face is covered with the processing substrate 1, it fills up with the pure gaseous helium for cooling between the processing substrate 1 and the stage electrode 41.

[0068] The monitor which the resultant generated with the plasma under processing did not adhere to measurement and the measurement front face of a monitoring device, and was stabilized by this for a long period of time is possible. Moreover, there is no need of preparing the opening part for measurement in a counterelectrode 42, and stable processing can be performed, without the abnormalities of generating of the dust in an opening part and discharge etc. arising.

[0069] In addition, in the measurement and the monitoring device by the 2nd operation gestalt of this invention, since total reflection light is measured, the plasma and the infrared light from a counterelectrode 42 do not go into the optical path which carries out total reflection, but there is also little effect of the disturbance light from these outside, and highly precise measurement can be performed. Furthermore, with the 2nd operation gestalt of this invention, the part

included in the stage electrode 41 is only optical system, and is not influenced of high frequency bias etc.

[0070] Next, the thickness measurement principle in membrane formation processing is explained with reference to drawing 7, the measurement by the 3rd operation gestalt of this invention based on that principle and the configuration of a monitoring device are shown in drawing 8, and the configuration of the operation gestalt of the CVD system incorporating this monitoring device is shown in drawing 9.

[0071] Drawing 7 shows the condition that silicon oxide 61 was formed in the front face of a silicon substrate 1. In drawing 7, the optical glass block 62 for measurement has stuck to the bottom of a silicon substrate 1. It is necessary to make the measuring beam reflected by the interface of a silicon substrate 1 and silicon oxide 61, and the measuring beam reflected by the interface between silicon oxide 61 and the processing interior of a room where membrane formation advances interfere in measurement of thickness.

[0072] About the refractive index of a silicon substrate 1, in the refractive index of 3.5 and silicon oxide 61, when 1.7, include-angle θ_{3R} which total reflection begins to set by the interface of a silicon substrate 1 and silicon oxide 61 is about 25 degrees like a measuring beam 63, and θ_3 becomes [refractive index / of 1.5 and the optical glass block 62] about 62 degrees from the optical glass block 62 whenever [to a silicon substrate 1 / incident angle].

[0073] θ_{4R} is about 42 degrees and θ_4 becomes [whenever / angle-of-incidence / to the interface of the silicon oxide 61 and the processing interior of a room] about 36 degrees from the optical glass block 62 whenever [to a silicon substrate 1 / angle-of-incidence]. [conditions / which it advances and come to carry out total reflection to silicon oxide 61 like a measuring beam 64]

[0074] Therefore, an incident angle is larger than 36 degrees, to silicon oxide 61, the measuring beam of an incident angle smaller than 62 degrees advances, and carries out total reflection, and an incident angle carries out total reflection between a silicon substrate 1 and silicon oxide 61 on larger conditions than 62 degrees.

[0075] He is trying to irradiate a measuring beam in the example of this invention according to the incident angle of a larger include angle than this and a small include angle bordering on the incident angle θ_3 to the silicon substrate 1 which obtains include-angle θ_{3R} from which total reflection begins in the interface of a silicon substrate 1 and silicon oxide 61.

[0076] Incidence of the incident light with an incident angle smaller than an include angle θ_3 is carried out even to the oxidation silicone film 61, it is reflected, and the incident light with a larger incident angle than θ_3 is reflected by the interface of a silicon substrate 1 and silicon oxide 61.

[0077] In order to obtain the reflected light from both interfaces of the interface of a silicon substrate 1 and silicon oxide 61, and the interface of silicon oxide 61 and a processing room, thus, with the 3rd operation gestalt of this invention Breadth was given to the incident angle of a measuring beam, and the change on the strength by interference of the reflected light is optimized, and it could be made to perform highly precise thickness measurement by controlling the rate of the quantity of light of a measuring beam with a larger incident angle than an include angle θ_3 , and the quantity of light of a measuring beam with an incident angle smaller than an include angle θ_3 .

[0078] Since the basic principle of calculation of thickness is the same as that of calculation of etching depth d mentioned above, detailed explanation is omitted.

[0079] The thickness of silicon oxide 61 here between t, the maximal value which the reflectivity produced by interference which sets to n_{sio} adjoins [wavelength / of β and a measuring beam / refractive index / of λ and silicon oxide 61] in the angle of reflection in silicon oxide 61 and the interface of the processing interior of a room, and the minimal value The amount to which silicon oxide 61 became thick serves as " $\lambda \cos \beta / n_{sio}$ ", and it can ask for thickness t of the silicon oxide 61 which formed membranes by identifying the peak of the reflected light change on the strength from the point which started membrane formation.

[0080] Two or more waves of measuring beams are irradiated, and since the approach of computing thickness from the interference change on the strength for every wavelength is the same as that of the 1st operation gestalt, detailed explanation is omitted.

[0081] The reduction of the effect of the reflected light reflected by the interface of a silicon substrate 1 and the optical glass block 62 is based on the same principle as the effect reduction by giving breadth to the incident angle explained by drawing 1. Moreover, in thickness measurement, the function of the light control reflected from both sides of silicon oxide 61 and the function of effect reduction of the surface reflected light are doubled and given to the breadth of incident light.

[0082] Drawing 8 is drawing showing the practical thickness measurement by the 3rd operation gestalt of this invention, and the configuration of a monitoring device. In drawing 8, a lens 69, a gobo 70, the diaphragm 71, the absorption block 72, the lens block 73, and the floodlighting light sensing portion 74 are included in the cylinder-like holder 68 inside cylindrical.

[0083] Moreover, it lets light guides 77a and 77b pass to the floodlighting light sensing portion 74, and the light source 75 of the property of emitting infrared light with a wavelength of 1 to 3 microns, and the part photodetector 76 incorporating an infrared light detection sensor are connected to it.

[0084] The measuring beam which was irradiated from the light source 75, and it passed along light guide 77a, and was irradiated from the floodlighting light sensing portion 74 serves as an parallel beam with a lens 69, and forms the cylinder-like beam 78 according to a gobo 70 and diaphragm 71. It is condensed by the lens block 73, and incidence of the beam 78 of the shape of this cylinder is carried out to a silicon substrate 1 so that a focus may be connected to the front face of a silicon substrate 1.

[0085] The angle of incidence of the measuring beam to a silicon substrate 1 adjusts the pitch diameter $\frac{1}{2}(\text{outer-diameter} + \text{bore})$ of the cylindrical beam 78 according to a gobo 70 and diaphragm 71. Moreover, similarly the variation of tolerance of the bore of the cylindrical beam 78 and an outer diameter adjusts the breadth of the measuring beam which carries out incidence according to a gobo 70 and diaphragm 71.

[0086] The measuring beam irradiated by the silicon substrate 1 goes into the floodlighting light sensing portion 74 in a path contrary to having carried out incidence, and goes into a spectroscope 76 through light guide 77b. The thickness calculation from a detection result is as drawing 7 having explained.

[0087] With the 3rd operation gestalt of this invention, the function which measures the radiation infrared radiation from a silicon substrate 1 other than thickness measurement, and measures the temperature of a substrate 1 is also prepared. Although the infrared radiation emitted from the plasma and a counterelectrode passes a silicon substrate 1, the infrared radiation of the incident angle of the include-angle range smaller than the incident angle θ_4 only passes a silicon substrate 1 from the total reflection conditions shown in drawing 7.

[0088] The incident angle of the measuring beam which carries out total reflection is set as the bigger include angle than an include angle θ_4 , and the optical path of a measuring beam and the infrared radiation emitted from the plasma and a counterelectrode are separated completely. And the infrared radiation emitted from the plasma and a counterelectrode is absorbed by the absorption block 72.

[0089] By the way, a silicon substrate 1 emits the amount of infrared radiation according to the temperature. The technical problem of the thermometry of a silicon substrate 1 is in the point which cannot perform a highly precise thermometry, in order to also set the radiation infrared radiation from the plasma, a correspondence electrode, etc. in order that a silicon substrate 1 may penetrate infrared radiation, and to measure.

[0090] With the 3rd operation gestalt of this invention, since the field which detects the reflected light of a measuring beam is established in the field along which the radiation infrared radiation from the plasma, a correspondence electrode, etc. does not pass, by making the light source of a measuring beam off, the infrared radiation measured turns into only infrared radiation emitted from a silicon substrate 1, and the highly precise thermometry of it becomes possible.

[0091] Moreover, there is passage 79 of the refrigerant for cooling in the cylinder-like holder 68, and the infrared radiation from the cylinder-like holder 68 can be stabilized now to a low.

[0092] Drawing 9 is the outline block diagram of the plasma-CVD equipment incorporating the measurement and the monitoring device by the 3rd operation gestalt of this invention mentioned above. This plasma-CVD equipment is explained below.

[0093] In drawing 9, the stage electrode 81 and the counterelectrode 82 are formed in the processing room 80. And the stage electrode 81 is insulated with the base of the processing room 80 etc. by the electric insulating plate 83, and the heater 84 for substrate heating and the thickness measurement equipment 85 explained by drawing 8 are built into the interior of this stage electrode 81.

[0094] Moreover, it has the composition that high-frequency voltage is impressed from the high frequency bias power supply 86 at the stage electrode 81, and the energy of the ion which carries out incidence to the processing substrate 1 at the time of plasma generating is controlled.

[0095] Moreover, power is supplied to a heater 84 from a power source 87, and the temperature of the stage electrode 81 can be controlled from ordinary temperature to 400 degrees C. And the light source 88 and a detector 89 are connected to thickness measurement equipment 85, and the circulator 90 which pours a refrigerant to the refrigerant passage 79 of a holder 68 further is connected.

[0096] A counterelectrode 82 is insulated with the top face of the processing room 80 etc. by the electric insulating plate 91, and the raw gas feed zone 92 is formed in the interior of this counterelectrode 82. Moreover, RF generator 93 is connected to the counterelectrode 82, and it is constituted so that the plasma can be generated between the stage electrode 81 and a counterelectrode 82 by supply of high-frequency power.

[0097] From the raw gas feed zone 92, the raw gas of a setting flow rate is supplied in the processing room 80, it

exhausts from an exhaust port 94, and the pressure in the processing room 80 can be controlled now to a setting pressure.

[0098] Next, the actuation in the operation gestalt shown in this drawing 9 is explained. By controlling the raw gas which mixed an organic silane, oxygen, and argon gas from the raw gas feed zone 92 to a sink, controlling a pressure to a setting pressure, and supplying high-frequency power from RF generator 93 in the processing room 80, at a counterelectrode 82, the plasma is generated, raw gas is decomposed and an oxidation silicone film is formed on a silicon substrate 1.

[0099] And with thickness measurement equipment 85, the thickness of the formed oxidation silicone film is measured, when thickness reaches setting thickness, the output of RF generator 93 is suspended, and discharge is stopped.

[0100] Furthermore, the radiation infrared radiation from a silicon substrate 1 is measured with thickness measurement equipment 85 during membrane formation processing, the temperature of a silicon substrate 1 is searched for, and it controls to control the output of a power source 87 and to become laying temperature.

[0101] Moreover, when the membraneous quality of the silicon oxide film under membrane formation is evaluated from the reflected extinction property of infrared light and the target membraneous quality is not suited, it controls by thickness measurement equipment 85 to go into the range in which the high frequency bias power impressed to the stage electrode 81 was controlled, and membraneous quality was set up.

[0102] In addition, also in membrane formation processing, like etching processing, two or more thickness measurement and monitoring devices can be incorporated, the thickness distribution under membrane formation can be measured, the flow rate of raw gas can be controlled based on the result, and it can control to go into the conditions which had thickness distribution set up.

[0103] As mentioned above, in the CVD system by the 3rd operation gestalt of this invention, without the film adhering to a measuring plane, since a measuring plane is a rear face of a silicon substrate 1 while processing the thickness under membrane formation and being able to measure, it is stabilized and thickness can be measured with a sufficient precision. Furthermore, the membraneous quality of the temperature of the silicon substrate 1 under membrane formation and the film under membrane formation can also be measured, and the film of conditions with which membraneous quality and thickness were set up can be formed with sufficient repeatability.

[0104] Next, the example at the time of applying the measurement and the monitoring device which are the 3rd operation gestalt of this invention is shown in the flattening polish equipment which performs polish processing in which the front face of the oxidation silicone film formed in the front face of a silicon substrate 1 is processed evenly at drawing 10.

[0105] In addition, the principle of thickness measurement, measurement, and the configuration of a monitoring device are the same as that of the 3rd operation gestalt shown in drawing 8. In drawing 10, flattening polish equipment consists of a bottom rotary table 100 and an upper rotary table 101, and the cross 102 is stuck on the top face of the bottom rotary table 100. The bottom rotary table 100 and the upper rotary table 101 rotate in the direction of an arrow head in drawing with the drive which is not illustrated.

[0106] Moreover, there is the five-axis-control section 103 in the shaft of the up rotary table 101, and polish distribution of a silicon substrate 1 can be controlled now.

[0107] The means which carries out vacuum adsorption of the rear face of a silicon substrate 1, and thickness measurement equipment 85 are built into the upper rotary table 101.

[0108] If the rear face of a silicon substrate 1 is made to stick to the upper rotary table 101, the rear face of a silicon substrate 1 is adjusted so that it may stick to the measuring plane of thickness measurement equipment 85. As for thickness measurement equipment 85, a total of five of one place of a central part and 4 on a periphery are included in the upper rotary table 101.

[0109] Silicon oxide makes the silicon substrate 1 formed in the front face stick to the upper rotary table 101, and measures the silicon oxidation thickness formed in the silicon substrate 1 with thickness measurement equipment 85. And a silicon substrate 1 is ground by forcing the processing side of a silicon substrate 1 on a cross 102, supplying an abrasive material to a cross 102 from the abrasive material supply means which is not illustrated, and making it rotate the bottom rotary table 100 and the upper rotary table 101.

[0110] With thickness measurement equipment 85, thickness is measured continuously, the film in each location on a silicon substrate 1 can be shaved, speed and residual film thickness are computed, and the inclination of the force which pushes the upper rotary table 101 against a cross 3, and a shaft etc. is controlled by the five-axis-control section 103 so that silicon oxidation thickness can process it into the thickness set up equally.

[0111] As explained above, the processing depth measurement and the monitoring device by the thickness and etching which applied this invention cannot be easily influenced of membrane formation and processing processing at the time

of measurement, and are highly precise, and thickness with sufficient repeatability or processing depth measurement, and monitoring are possible for them.

[0112] In addition, with the operation gestalt mentioned above, although explained focusing on the silicon substrate 1, if membrane formation with glass substrates for a display, such as a liquid crystal display component, processing and membrane formation of the magnetic head, processing, etc. use a thin film, this invention can be adapted [it is not limited to this, and]. In that case, it cannot be overemphasized that it is necessary to choose the wavelength of the light to be used by the substrate of the measuring object and membranous physical properties.

[0113]

[Effect of the Invention] According to this invention, the thickness in membrane formation and flattening processing, the processing depth in etching processing, the substrate temperature under these processings, etc. can be measured with high precision with good repeatability.

[0114] Thereby, since a thin film detailed pattern can be made with high precision in the specification as a setting, it is effective in the ability to improve engine performance, such as a semiconductor device using a thin film detailed pattern, and a liquid crystal display component, and dependability.

[0115] That is, while measuring thickness and the processing depth, without being influenced [according the advance situation of processing to the situation of the processing interior of a room], the reflected light from the substrate front face which measures the situation on the front face of a substrate can be detected alternatively, and measurement and the monitoring device of the thickness or the processing depth which enables highly precise measurement on the front face of a substrate can be realized.

[0116] Moreover, the highly precise membrane formation processing approach using realizing membrane formation incorporating the highly precise measurement and the highly precise monitoring device on the front face of a substrate and processing equipment, these measurement, and a monitoring device is realizable.

[Translation done.]